

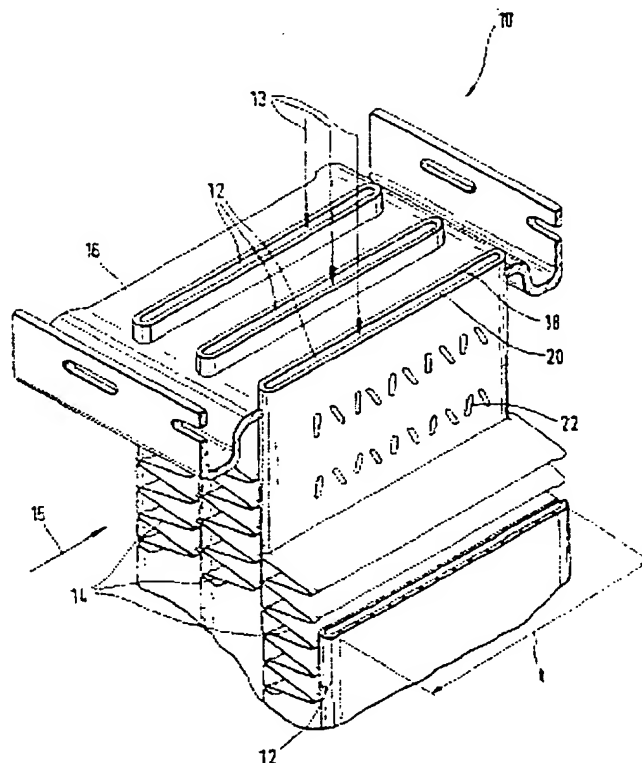
**Heat exchanger for use in engine cooling system of motor vehicle, has rows of indentations formed on each flat face of each flat tube and used as vortex generators**

**Patent number:** DE10127084  
**Publication date:** 2002-03-28  
**Inventor:** PANTOW EBERHARD (DE); REHM ARNOLDT (DE); RICHTER RAINER (DE); SIMON LUBENS (DE)  
**Applicant:** BEHR GMBH & CO (DE)  
**Classification:**  
- **international:** *F28F1/42; F28F1/10; (IPC1-7): F28F1/24; F28D1/00; F28F1/02; F28F9/00*  
- **europaean:** F28F1/42  
**Application number:** DE20011027084 20010602  
**Priority number(s):** DE20011027084 20010602; DE20001029998 20000617

Report a data error here

**Abstract of DE10127084**

Rows of indentations (22) are formed on each flat face (18,20) of each flat tube (12). The indentations serve as vortex generators. Each indentation inclines relative to the tube longitudinal axis at angles of 10 to 40 degrees. The ratio between the indentation height and the tube height ranges from 0.05 to 0.5. The indentations in each row alternately incline to opposite directions. Independent claims are included for the following: (a) an automotive cooling system for an engine; (b) and a motor vehicle.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 27 084 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 28 F 1/24  
F 28 F 1/02  
F 28 D 1/00  
F 28 F 9/00

21 Aktenzeichen: 101 27 084.4  
22 Anmeldetag: 2. 6. 2001  
43 Offenlegungstag: 28. 3. 2002

DE 101 27 084 A 1

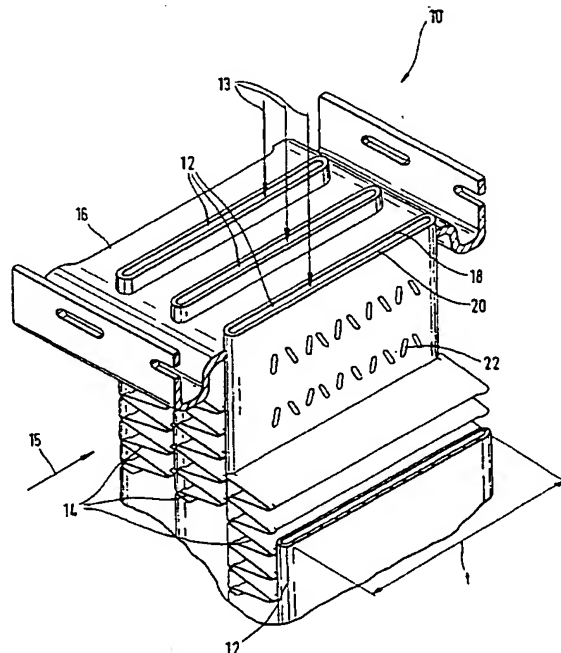
66 Innere Priorität:  
100 29 998. 9 17. 06. 2000  
71 Anmelder:  
Behr GmbH & Co., 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Pantow, Eberhard, Dr., 70563 Stuttgart, DE; Rehm,  
Arnoldt, Dipl.-Ing., 71254 Ditzingen, DE; Richter,  
Rainer, Dr., 70192 Stuttgart, DE; Simon, Lubens, Dr.,  
70469 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge

57 Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Vielzahl von Flachrohren (12), die von einem flüssigen Kühlmedium (13) durchströmbar sind, und diesen zugeordneten, von Umgebungsluft (15) oder anderen Medien beaufschlagbaren Wellrippen (14), wobei die Flachrohre (12) auf wenigstens einer ihrer Flachseiten (18, 20) nach innen gerichtete Einprägungen aufweisen. Es ist Aufgabe der Erfindung, einen solchen Wärmeübertrager derart weiterzubilden, daß der Wärmeübergang zwischen der Kernströmung des Kühlmediums und den Flachrohrwandungen verbessert und damit die Leistungsdichte des Wärmeübertragers erhöht wird. Um diese Aufgabe zu lösen ist vorgesehen, daß die Einprägungen als längliche Wirbelerzeuger (22) mit einer Längsachse (17) ausgeführt sind, und daß das Verhältnis zwischen der Höhe (h) der Wirbelerzeuger (22) und der Höhe (H) der Flachrohre (12) etwa 0,05 bis 0,5 beträgt, daß die Längsachsen (17) der Wirbelerzeuger (22) gegenüber der Richtung der Rohrlängsachse (13) um etwa 10° bis 40° angestellt sind, und daß quer zur Rohrlängsachse (13) benachbarte Wirbelerzeuger (22) gegenseitig angestellt sind.



DE 101 27 084 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein solcher Wärmeübertrager ist aus der EP 0 030 072 B1 bekannt. Er besteht aus einer Vielzahl von Flachrohren, die von Kühlmittel durchströmbar sind, und diesen zugeordneten, von Umgebungsluft beaufschlagbaren Wellrippen. Dabei weisen die Flachrohre auf ihren Flachseiten nach innen gerichtete Einprägungen von sehr geringer Einprägungshöhe auf die einer Erhöhung der Stabilität der Flachrohre dienen. Nachteilig an einem solchen Wärmeübertrager ist, daß das Kühlmittel innerhalb der Flachrohre eine heiße Kernströmung bildet, die gegenüber der Flachrohrwandungen durch eine kühlere Wandströmung isoliert ist beziehungsweise in geringem Austausch steht, so daß der Wärmeübergang zwischen der Kernströmung und den Flachrohrwandungen gering ist.

[0003] Aus der DE 196 54 367 A1 ist es bekannt, ein rechteckförmiges Rohr für einen Abgaswärmeübertrager mit nach innen gerichteten länglichen Wirbelerzeugern in Form von Winglets auszustatten. Dabei sind die jeweils paarweise V-förmig angeordneten Wirbelerzeuger mittels Massivumformung aus dem Rohr herausgeformt und in Abgashauptströmungsrichtung divergierend positioniert. Die Wirbelerzeuger dienen dazu, Ablagerungen auf den Rohrwandungen von in den Abgasen enthaltenen Feststoffen – wie beispielsweise Ruß – zu vermindern. Es sind keine weiteren Angaben über die Bemessung der Wirbelerzeuger gemacht.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärmeübertrager der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß der Wärmeübergang zwischen der Kernströmung des Kühlmittels und den Flachrohrwandungen verbessert und damit die Leistungsdichte des Wärmeübertragers erhöht wird.

[0005] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die Einprägungen als längliche Wirbelerzeuger mit einer Längsachse ausgeführt sind, und daß das Verhältnis zwischen der Höhe der Wirbelerzeuger und der Höhe der Flachrohre etwa 0,05 bis 0,5 beträgt, daß die Längsachsen der Wirbelerzeuger gegenüber der Rohrlängsachse um etwa 10° bis 40° angestellt sind, und daß quer zur Rohrlängsachse benachbarte Wirbelerzeuger gegensinnig angestellt sind. Durch die Wirbelerzeuger wird die Kühlmediumströmung turbulenter, so daß je nach Bemessung der Wirbelerzeuger entweder eine Wirbelbildung oder zumindest ein Aufbruch der Grenzschicht einen verbesserten Austausch zwischen den verschiedenen Kühlmediumschichten bewirkt.

[0007] In Weiterbildung der Erfindung ist gemäß Anspruch 2 vorgesehen, daß das Verhältnis zwischen der Höhe der Wirbelerzeuger und der Höhe der Flachrohre etwa 0,05 bis 0,25 beträgt. Bei einer solchen Bemessung der Wirbelerzeuger ist vornehmlich mit einem Aufbruch der Grenzschicht der Kühlmediumströmung zu rechnen, was einen verbesserten Austausch zwischen den verschiedenen Kühlmediumschichten bei vergleichsweise geringen Druckabfällen gewährleistet.

[0008] In Weiterbildung der Erfindung ist gemäß Anspruch 3 vorgesehen, daß das Verhältnis zwischen der Höhe der Wirbelerzeuger und der Höhe der Flachrohre etwa 0,25 bis 0,5 beträgt. Bei einer solchen Bemessung der Wirbelerzeuger werden durch die Höhe und die längliche, gegenüber der Rohrlängsachse angestellte Gestaltung der Wirbelerzeuger gezielt Längswirbel erzeugt, die die Durchmischung der

einzelnen Kühlmediumschichten nachhaltig verstärken, indem sie sich spiralförmig in Rohrlängsachsenrichtung bewegen und daher neben der Längsbewegung ebenfalls Querkomponenten aufweisen.

[0009] In Weiterbildung der Erfindung ist gemäß Anspruch 4 und 5 vorgesehen, daß die Wirbelerzeuger in quer zur Rohrlängsachse verlaufenden, im wesentlichen geradlinigen Wirbelerzeugerreihen von wenigstens drei Wirbelerzeugern angeordnet sind, und daß mehrere Wirbelerzeugerreihen in Richtung der Rohrlängsachse im wesentlichen geradlinig hintereinander angeordnet sind. Durch diese Anordnung der Wirbelerzeuger in Form von geradlinigen Reihen können die Bereiche, in denen Längswirbel erzeugt werden, über die gesamte Tiefe und Breite des Flachrohres genau definiert sein, wodurch ein optimiertes Incinandergreifen der Längswirbel für bestimmte Kühlmediumströmungsgeschwindigkeiten beziehungsweise Geschwindigkeitsbereiche und dadurch eine Verstärkung der Durchmischung erreicht werden kann. Dabei hat sich gemäß Anspruch 6 und 7 ein Verhältnis zwischen dem Abstand der Wirbelerzeugerreihen in Richtung der Rohrlängsachse und der Länge der Wirbelerzeuger von etwa 1 bis 10 sowie ein Verhältnis zwischen dem Abstand der Wirbelerzeuger quer zur Richtung der Rohrlängsachse gegenüber der Länge der Wirbelerzeuger von etwa 0,1 bis 0,9, vorzugsweise 0,2 bis 0,8, als besonders vorteilhaft erwiesen. Unter der Länge der Wirbelerzeuger ist dabei die quer zur Rohrlängsachse projizierte Länge zu verstehen.

[0010] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 8 ist vorgesehen, daß die Wirbelerzeuger auf beiden Flachseiten der Flachrohre angeordnet werden können und die jeweiligen Wirbelerzeugerreihen der ersten Flachseite und der zweiten Flachseite in Richtung der Rohrlängsachse gegeneinander versetzt angeordnet werden können. Durch eine solche Anordnung der Wirbelerzeugerreihen auf beiden Flachrohrseiten und eine Versetzung dieser Wirbelerzeugerreihen gegeneinander kann die gegenseitige Beeinflussung der Längswirbel und damit die Durchmischung der Kühlmediumschichten nochmals verbessert werden. Zudem wird die Qualität der Verlötung zwischen den Flachrohren und den Wellrippen verbessert, da die Kontaktflächen und damit die Lötflächen vergrößert sind. Dabei hat sich gemäß Anspruch 9 ein Verhältnis zwischen dem Abstand der Wirbelerzeugerreihen zwischen der ersten Flachseite und der zweiten Flachseite in Richtung der Rohrlängsachse und der Höhe der Wirbelerzeuger von etwa 10 bis 30 als besonders vorteilhaft erwiesen.

[0011] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist gemäß Anspruch 10 vorgesehen, daß die in Längsrichtung benachbarten Wirbelerzeugerreihen um einen Winkel  $\beta$  von etwa 10° bis 30°, vorzugsweise 20° versetzt angeordnet sind. Der Vorteil einer derart versetzten Anordnung besteht darin, daß eine Vergleichmäßigung der Einprägungen in das Rohrbandmaterial bewirkt wird, was für die Fertigung von Vorteil ist und darin, daß der Rippe-Rohr Verbund, insbesondere die Verlötung gleichmäßiger wird, was sich sowohl auf die Festigkeit dieser Verbindung als auch durch eine Homogenisierung der Wärmeströme auf die Wärmeübertragung positiv auswirken kann. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0012] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

[0013] Hierbei zeigt:

[0014] Fig. 1 eine räumliche Teilansicht eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers mit Rippen, Flachrohren und Rohrboden;

[0015] Fig. 2 eine Draufsicht auf eine erste Flachseite

vom Innern des Flachrohres gesehen;

[0016] Fig. 3 eine Draufsicht auf eine zweite Flachseite vom Innern des Flachrohres gesehen;

[0017] Fig. 4 eine gegenüber den Fig. 2 und 3 vergrößert dargestellte Schnittdarstellung eines Teilbereiches des Flachrohres;

[0018] Fig. 5 und 6 Darstellungen wie Fig. 2 und 3 einer weiteren Ausführungsform;

[0019] Fig. 7 und 8 Darstellungen wie Fig. 2 oder 3 von weiteren Ausführungsformen;

[0020] Fig. 9 eine um weitere Angaben erweiterte Darstellung der Fig. 7;

[0021] Fig. 10 Darstellung gemäß Fig. 9 mit abgewandelter Geometrie;

[0022] Fig. 11 Darstellung gemäß Fig. 9 mit abgewandelter Geometrie;

[0023] Fig. 12 Darstellung gemäß Fig. 9 mit abgewandelter Geometrie;

[0024] Fig. 13 Schnittdarstellung eines Flachrohres mit treppenförmig angeordneten Wirbelerzeuger;

[0025] Fig. 14 Schnittdarstellung eines Flachrohres mit treppenförmig angeordneten Wirbelerzeuger.

[0026] Fig. 1 zeigt eine räumliche Teilansicht eines Wärmeübertragers 10 für den Einsatz in Kraftfahrzeugen, bestehend aus Flachrohren 12, die von einem flüssigen Kühlmedium 13 durchströmbar sind. Dieses Kühlmedium 13 führt Wärme von einem nicht dargestellten Antriebsaggregat zum Wärmeübertrager 10, wobei der Wärmeübertrager 10 diese Wärme über Wellrippen 14 an Umgebungsluft 15 oder andere Medien abführt. Dabei sind die Wellrippen 14 jeweils zwischen den Flachrohren 12 angeordnet und die Flachrohre an ihren Enden jeweils durch einen Rohrboden 16 gehalten. Der Rohrboden 16 bildet wiederum einen Teil eines nicht dargestellten Sammelkastens, der über Schläuche mit der Brennkraftmaschine in Verbindung steht.

[0027] Die Flachrohre 12 des Wärmeübertragers 10 weisen eine relativ geringe Flachrohrinnenhöhe  $H$ , beispielsweise 1 mm, wie in Fig. 4 dargestellt, gegenüber einer relativ großen Tiefe  $t$  (Fig. 1) auf. Dabei besitzen sie auf ihren ersten Flachseiten 18 und zweiten Flachseiten 20 jeweils Wirbelerzeuger 22, die beispielsweise mittels Walzen in Richtung der Innenseite der Flachrohre 12 ausgeformt sind und eine geschlossene Oberfläche aufweisen. Die Wirbelerzeuger 22 besitzen, wie in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt, eine längliche Form und sind in quer zur Rohrlängsachse 13 ausgerichteten Wirbelerzeugerreihen 24 angeordnet. Mehrere solcher Wirbelerzeugerreihen 24 sind in Richtung der Rohrlängsachse 13 hintereinander angeordnet. Die Abstände  $b$  der einzelnen Wirbelerzeuger 22 voneinander gegenüber der Länge  $L$  der Wirbelerzeuger, die beispielsweise 3 mm beträgt, liegt dabei etwa bei 0,7, wobei dieser Verhältniswert im Bereich von 0,1 bis 0,9 und vorzugsweise im Bereich von 0,2 bis 0,8 liegen kann. Die Breite der Wirbelerzeuger  $B$  beträgt vorzugsweise 1,3 mm. Die Abstände  $c$  der einzelnen Wirbelerzeugerreihen 24 gegenüber der Länge  $L$  der Wirbelerzeuger beträgt etwa 4, wobei der Wert zwischen 1 und 10 liegen kann.

[0028] Die Wirbelerzeuger 22 sind jeweils um einen Winkel  $\alpha = 20^\circ$  gegenüber der Rohrlängsachse 13 geneigt, wobei dieser Winkel zwischen  $10^\circ$  und  $40^\circ$  liegen kann. Jeweils quer zur Rohrlängsachse 13 benachbarte Wirbelerzeuger 22 sind gegensinnig geneigt. Somit sind jeweils zwei Wirbelerzeuger paarweise V-artig angeordnet, wobei die beiden V-Schenkel in Richtung der Rohrlängsachse 13 auseinander laufen. Die Wirbelerzeugerhöhe  $h$  beträgt etwa  $1/3$  der Flachrohrhöhe  $H$ , vorzugsweise 0,2 mm, wobei auch dieses Verhältnis zwischen 0,3 und 0,7 liegen kann, so daß die Summe der jeweiligen Wirbelerzeugerhöhe  $h$  der ersten

Flachseiten 18 und der zweiten Flachseiten 20 größer sein kann als die Flachrohrhöhe  $H$ . Dieses wird dadurch ermöglicht, daß die einzelnen Wirbelerzeugerreihen 24 bzw. 24' der ersten Flachseiten 18 und der zweiten Flachseiten 20 gegeneinander versetzt angeordnet sind. Dabei liegt das Verhältnis zwischen dem Abstand  $a$  der Wirbelerzeugerreihen 24 der beiden Flachseiten 18 und 20 und der Wirbelerzeugerhöhe  $h$  etwa zwischen 10 und 30.

[0029] In einer in den Fig. 5 und 6 dargestellten Ausführungsform der Erfindung weisen die Wirbelerzeugerreihen 24 Lücken auf, so daß beispielsweise jeweils Paare von Wirbelerzeugern 22 einer Reihe 24 größere Abstände aufweisen, als die beiden Wirbelerzeuger eines Paares. Benachbarte Wirbelerzeugerreihen 24 sind in dieser Ausführungsform auf Lücke versetzt angeordnet.

[0030] In einer in der Fig. 7 dargestellten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, daß sich die Wirbelerzeugerreihen 24 zwar quer zur Rohrlängsrichtung aber nicht senkrecht dazu erstrecken, wobei die einzelnen Wirbelerzeugerreihen 24 parallel zueinander verlaufen. Dadurch sind die Kontaktstellen der Wellrippen 14 mit Zonen hohen Wärmeübergangs gleichmäßiger verteilt und nicht, wie bei einer senkrechten Anordnung (Fig. 2 und 3) auf einzelne Rippen beschränkt.

[0031] In einer weiteren in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß der Anstellwinkel des äußersten Wirbelerzeugers 22' erhöht ist, wodurch die Durchmischung im Bereich der Schmalseite des Flachrohres 12, in dem keine Wirbelerzeuger angeordnet werden können, verbessert ist.

[0032] Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform entsprechend der aus Fig. 7, wobei die in Längsrichtung benachbarten Wirbelerzeugerreihen um einen Winkel  $\beta$  von  $20^\circ$  gegeneinander versetzt angeordnet sind. Der Abstand  $C'$  der Wirbelerzeugerreihen untereinander beträgt dabei vorzugsweise 6 mm. Alternativ kann gemäß Fig. 10 auch eine Geometrie verwandt werden, in der die Wirbelerzeuger 22 durch zwischen diesen angeordneten Wirbelerzeugern 22' ergänzt sind. Außerdem ist auch eine geometrische Aufteilung der Wirbelerzeuger gemäß Fig. 11 möglich, wobei die im Außenbereich gelegenen Wirbelerzeuger 22" gegenüber den Wirbelerzeugern 22 versetzt angeordnet sind.

[0033] Selbstverständlich sind auch Kombinationen der verschiedenen Ausführungsformen denkbar. Dabei können die auf das Rohr bezogenen Werte auf eine Seite eines durch eine Längssicke getrennten Sickenrohres bezogen sein.

[0034] Fig. 13 zeigt eine Ausführungsform, in der die Höhe der Wirbelerzeuger  $h$  untereinander variiert ist, so daß sich eine zum Rohrinnein gesehen aufsteigende Treppenform ergibt, durch die die Leistungsdichte im mittleren Bereich nochmals erhöht wird, wobei sich die Höhe der Wirbelerzeuger insgesamt im Bereich von 10% bis 80% der halben Höhe ( $H$ ) der Flachrohre erstreckt. Alternativ ist eine in Fig. 14 dargestellte zum Rohrinnein gesehen absteigende Treppenform möglich.

#### Patentansprüche

1. Wärmeübertrager, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Vielzahl von Flachrohren (12), die von einem flüssigen Kühlmedium durchströmbar sind, und diesen zugeordneten, von Umgebungsluft (15) oder anderen Medien beaufschlagbaren Wellrippen (14), wobei die Flachrohre (12) auf wenigstens einer ihrer Flachseiten (18, 20) nach innen gerichtete Einprägungen aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einprägungen als längliche Wirbelerzeuger (22) mit einer Längsachse (17) ausgeführt sind, und

- daß das Verhältnis zwischen der Höhe (h) der Wirbelerzeuger (22) und der Höhe (H) der Flachrohre (12) etwa 0,05 bis 0,5 beträgt,  
 daß die Längsachsen (17) der Wirbelerzeuger (22) gegenüber der Rohrlängsachse (13) um etwa 10° bis 40° angestellt sind und  
 daß quer zur Rohrlängsachse (13) benachbarte Wirbelerzeuger (22) gegensinnig angestellt sind.
2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Höhe (h) der Wirbelerzeuger (22) und der Höhe (H) der Flachrohre (12) etwa 0,05 bis 0,25 beträgt.
3. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Höhe (h) der Wirbelerzeuger (22) und der Höhe (H) der Flachrohre (12) etwa 0,25 bis 0,5 beträgt.
4. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelerzeuger (22) in quer zur Rohrlängsachse (13) verlaufenden, im wesentlichen geradlinigen Wirbelerzeugerreihen (24) von wenigstens drei Wirbelerzeugern (22) angeordnet sind.
5. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Wirbelerzeugerreihen (24) in Richtung der Rohrlängsachse (13) im wesentlichen geradlinig hintereinander angeordnet sind.
6. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen dem Abstand (c) der Wirbelerzeugerreihen (24) in Richtung der Rohrlängsachse (13) und der Länge (L) der Wirbelerzeuger (22) etwa 1 bis 10 beträgt.
7. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen dem Abstand (b) der Wirbelerzeuger (22) quer zur Rohrlängsachse (13) gegenüber der Länge (L) der Wirbelerzeuger (22) etwa 0,1 bis 0,9, vorzugsweise 0,2 bis 0,8, beträgt.
8. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelerzeuger (22) auf beiden Flachseiten (18, 20) der Flachrohre (12) angeordnet sind und die jeweiligen Wirbelerzeugerreihen (24) der ersten Flachseite (18) und der zweiten Flachseite (20) in Richtung der Rohrlängsachse (13) gegeneinander versetzt angeordnet sind.
9. Wärmeübertrager nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen dem Abstand (a) der Wirbelerzeugerreihen (24) zwischen der ersten Flachseite (18) und der zweiten Flachseite (20) in Richtung der Rohrlängsachse (13) und der Höhe (h) der Wirbelerzeuger (22) etwa 10 bis 30 beträgt.
10. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die in Längsrichtung benachbarten Wirbelerzeugerreihen um einen Winkel  $\beta$  von etwa 10° bis 30°, vorzugsweise 20° versetzt angeordnet sind.
11. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachrohre als Sickenrohre mit einer parallel zur Rohrlängsachse verlaufenden Sicke ausgeführt sind.
12. Wärmeübertrager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe der Wirbelerzeuger 10% bis 80% der halben Höhe (H) der Flachrohre beträgt.

Fig.1

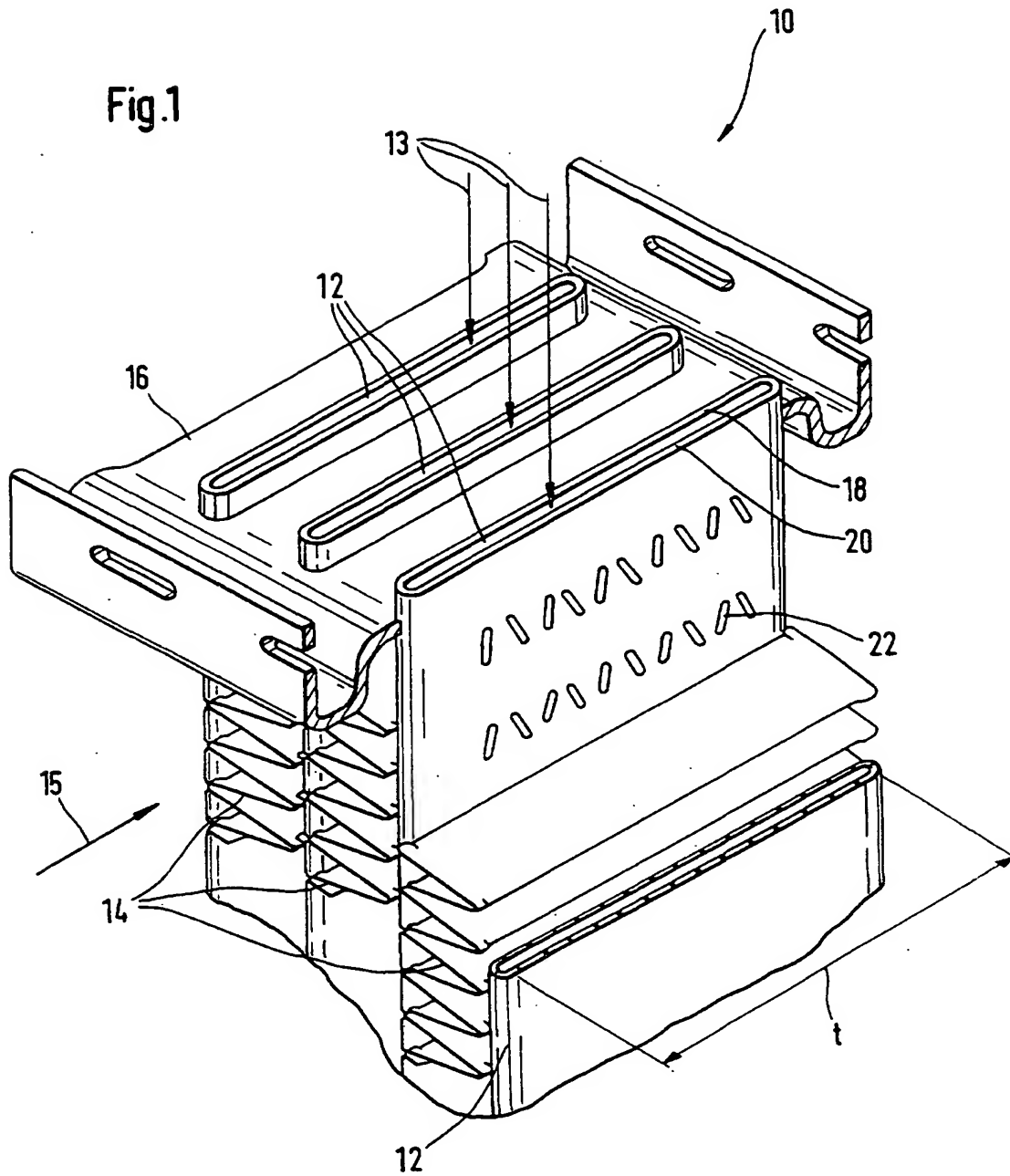


Fig. 2

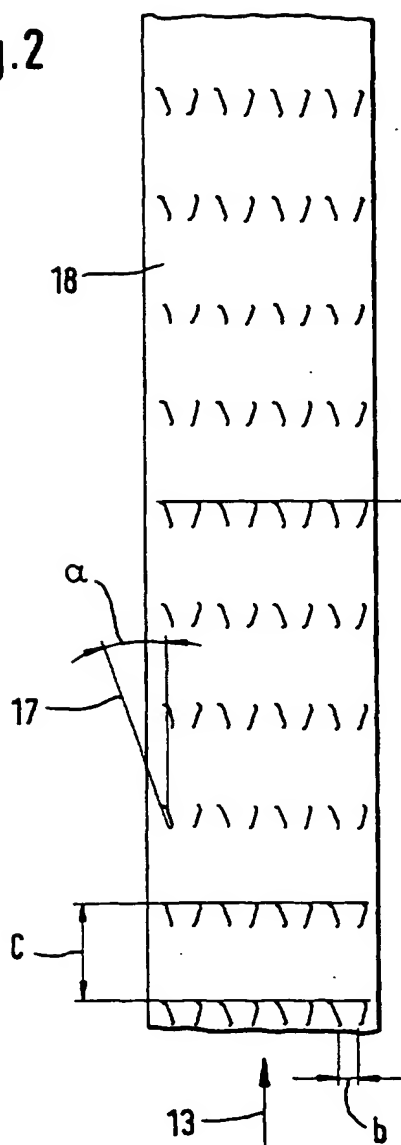


Fig. 3

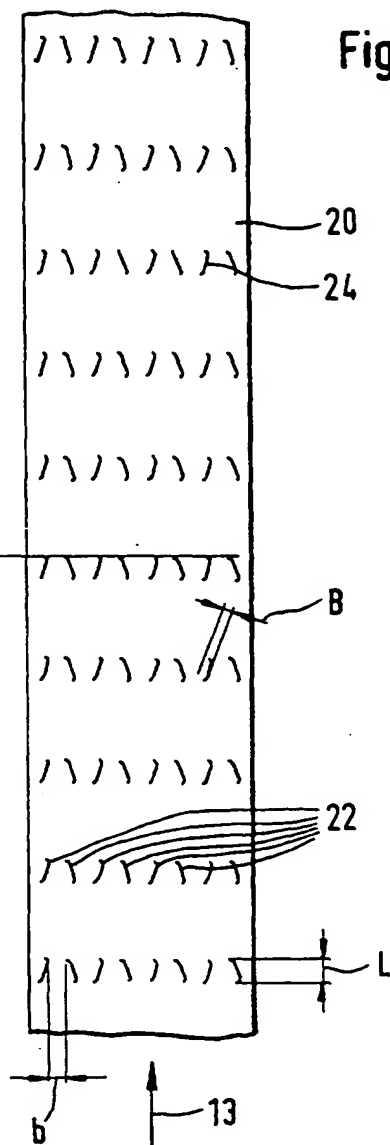
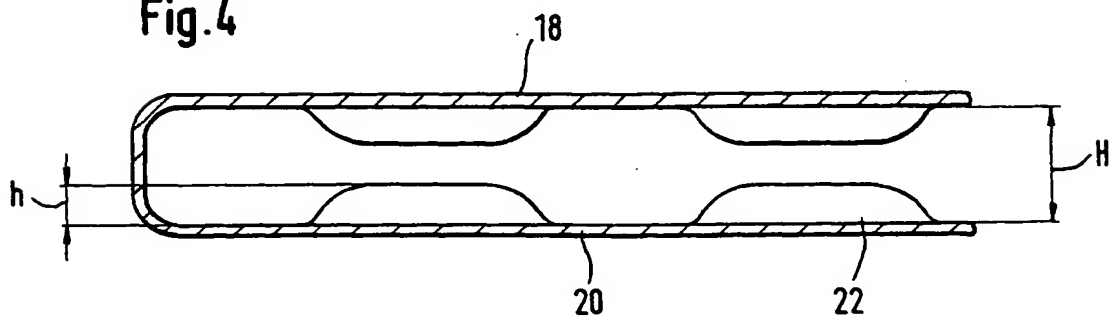


Fig. 4



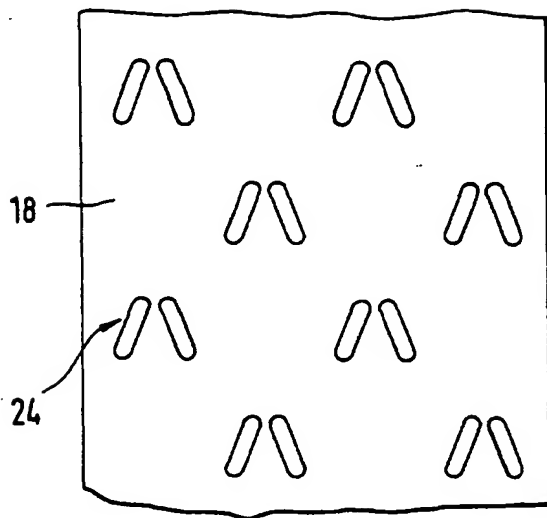


Fig. 5

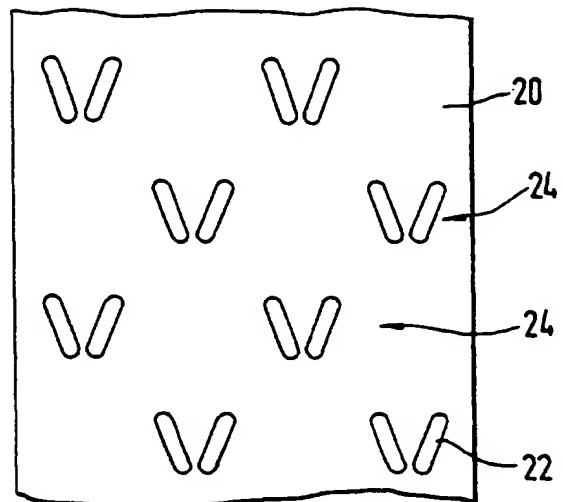


Fig. 6

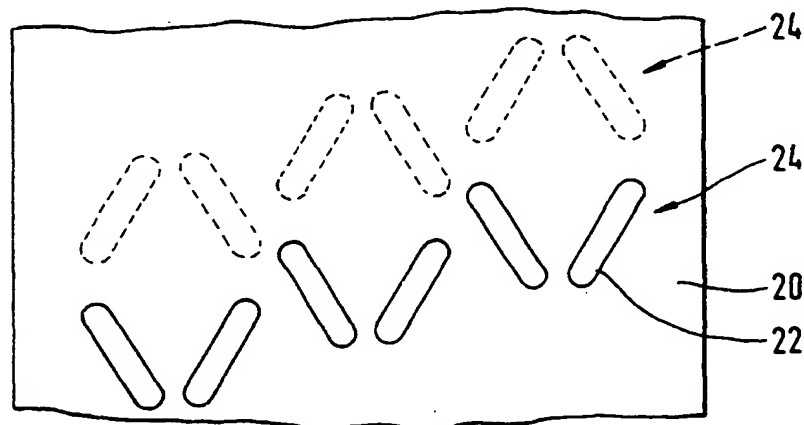


Fig. 7

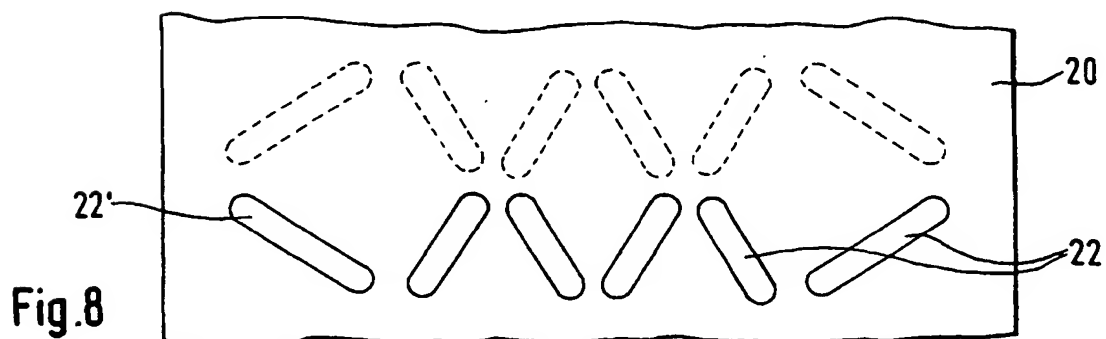


Fig. 8



Fig.9

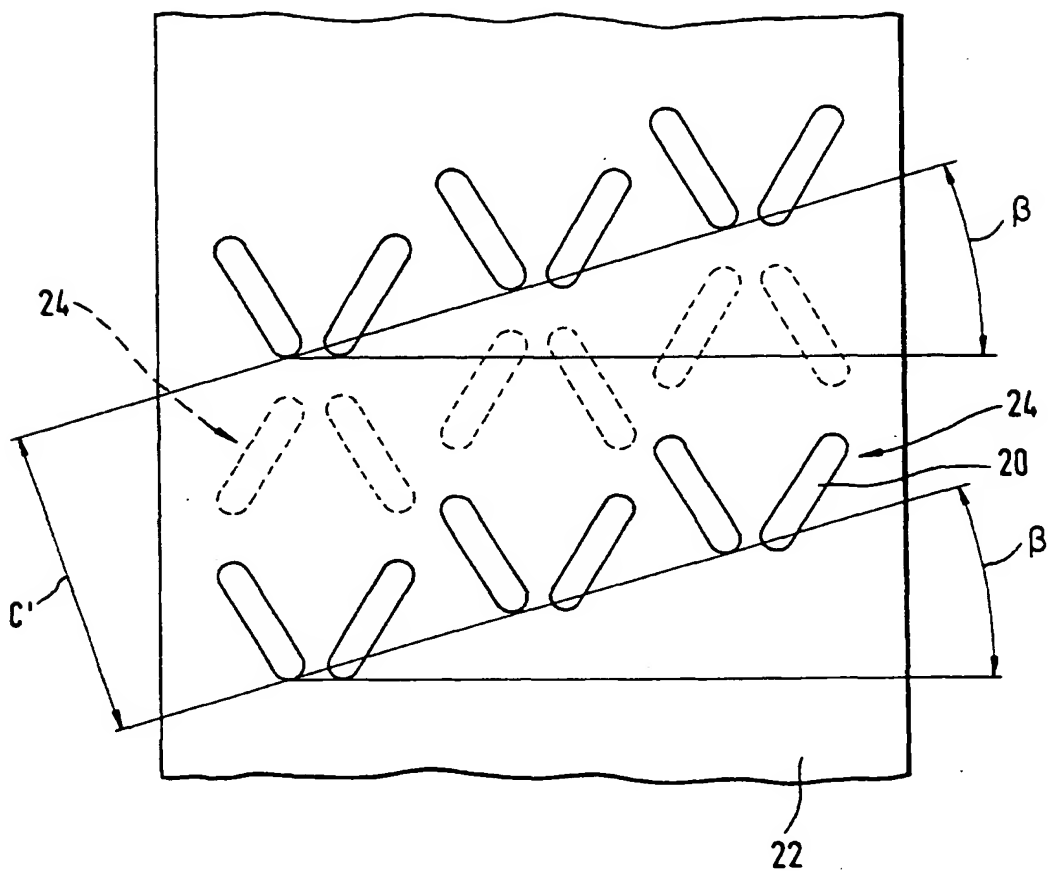


Fig.10

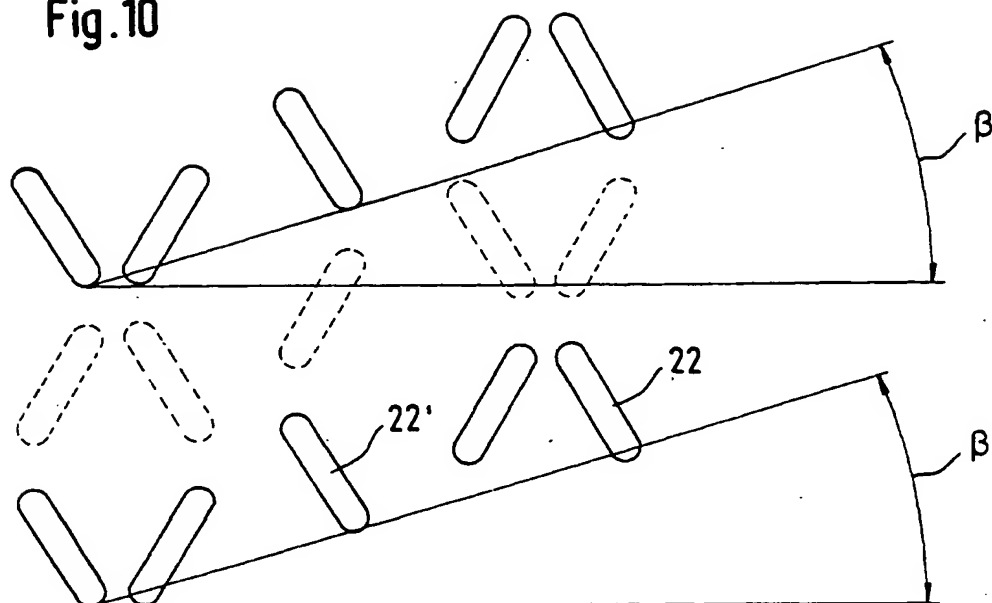


Fig.11

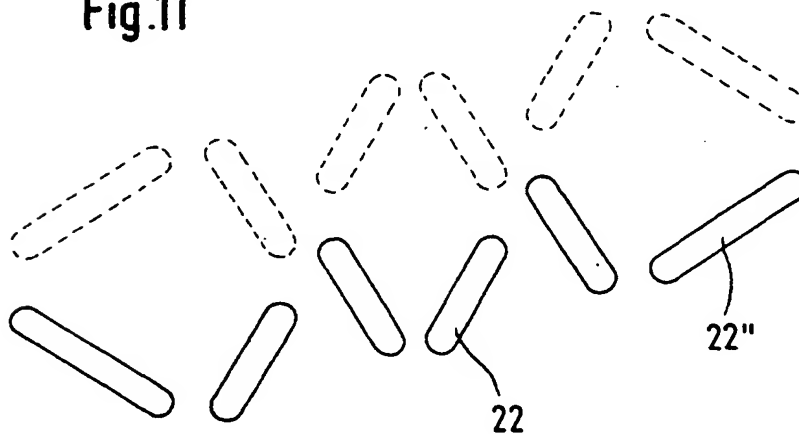


Fig.12

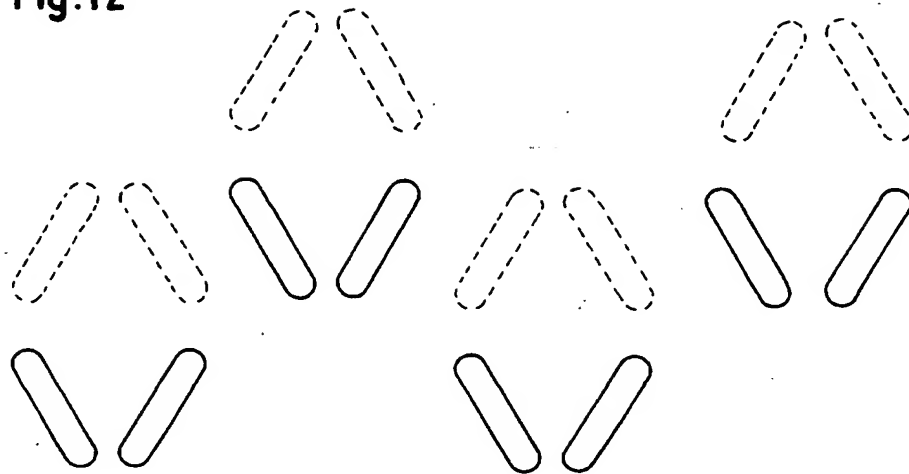


Fig.13

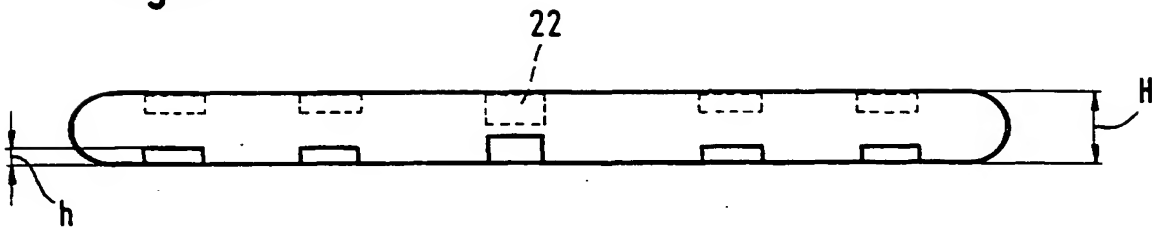


Fig.14

